



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

Estudio de viabilidad del nuevo paso inferior en la RM-D17 bajo la FFCC Murcia-Águilas  
en Almendricos. Murcia.

---

*Presentado por*

Carrillo Pérez, Ginés

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2017/2018*

*Fecha: septiembre de 2018*

*Tutor: Cuadrado Tarodo, Álvaro*



ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA

DOCUMENTO Nº1

**MEMORIA**

ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN  
ALMENDRICOS. MURCIA



**ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA**

**ÍNDICE DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA**

1. OBJETO.....1

2. ANTECEDENTES.....1

3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....1

4. ESTADO ACTUAL.....1

5. ALTERNATIVAS.....2

6. HIDROLOGÍA.....3

7. ESTUDIO DE TRÁFICO.....5

8. TRAZADO.....5

9. FIRMES.....5

10. ESTRUCTURAS.....6

**ANEJO Nº1: ESTUDIO DE TRÁFICO**

**ANEJO Nº2: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

**ANEJO Nº3: ESTUDIO DE FIRMES**

**ANEJO Nº4: ESTUDIO DE HIDROLOGÍA**

**ANEJO Nº5: ESTUDIO DE TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL**

**ANEJO Nº6: ESTUDIO DE GEOMETRÍA**

**ANEJO Nº7: VALORACIÓN ECONÓMICA**



## ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA

Documento N°1: Memoria

### 1. OBJETO

El objeto de este estudio “Estudio de viabilidad del nuevo paso inferior en la RM-D17 bajo el FFCC Murcia-Águilas en Almendricos (Murcia)” es analizar la situación del actual paso inferior en la RM-D17 y resolver la problemática de este caso mediante un nuevo paso inferior, cumpliendo con la normativa actual.

El paso inferior actual consta de una anchura de 4 m y de una altura de 3.5 m, lo que hace que se deba de regular su paso con semáforos y de que algunos vehículos especiales de una altura mayor no puedan acceder a la pedanía o salir de ella.

Se va a llevar a cabo el estudio de este tramo de la carretera RM-D17 ya que es la única forma de cruzar la pedanía de Almendricos. Para ello se realizarán los siguientes estudios para analizar la viabilidad de construcción de un nuevo paso inferior para mejorar la fluidez de paso y la seguridad, ya que se encuentra en el paso de una rambla.

### 2. ANTECEDENTES

La carretera RM-D17 es el acceso más cercano a la autovía A7 para pedanías del municipio de Lorca como son La Campana, Pozo de la Higuera, La Escarihuela y Almendricos, que en su conjunto constan de una población de aproximadamente 3500 habitantes. Además, conecta todas estas pedanías con la ciudad de Puerto Lumbreras (15000 habitantes) y con una de las mayores empresas de la zona del sector primario.

También hay que añadir que el paso inferior actual se encuentra dentro del cauce de una rambla, la cual tiene asociada una cuenca de superficie igual a 6.5 km<sup>2</sup>.

El firme del paso inferior se ve afectado cada vez que se producen lluvias de una intensidad media, lo que produce una pérdida de confort y, lo que es más importante, una pérdida considerable de seguridad.

### 3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Almendricos se encuentra en el sureste de la península, en la Región de Murcia. Dentro de esta se encuentra en el suroeste, en el municipio de Lorca, limítrofe con la provincia de Almería (Andalucía). Esta pedanía tiene una población de 2000 habitantes y es una de las mayores potencias en agricultura, ya que de la superficie total de la pedanía (55 km<sup>2</sup>) la mayoría forma parte de zonas de cultivo ricas, alrededor de un 80%.



Ilustración 2. Mapa de España. Fuente: Imágenes Google.



Ilustración 1. Localización del paso inferior en Almendricos. Fuente: Google Maps

El paso inferior actual se encuentra en el PK 8+900 de la carretera RM-D17, justo en el paso de la Rambla del Moro García, siendo este uno de los aspectos más importantes por los que se realiza este estudio, ya que influye de forma determinante en la seguridad de paso.

### 4. ESTADO ACTUAL

El paso inferior es la única vía de paso de vehículos pavimentada que conecta la parte sur de la pedanía de Almendricos con la parte norte, además de conectar las pedanías de La Campana, Pozo de la Higuera, La Escarihuela y Almendricos, inclusive, con la ciudad de Puerto Lumbreras y con la autovía A7.



Ilustración 3. Estado actual del paso inferior. Fuente: Fotografía de la visita





## ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA

Documento Nº1: Memoria

Como se ha comentado anteriormente, uno de los aspectos a destacar de este paso inferior es las escasas dimensiones que presenta, teniéndose que regular con semáforos.



*Ilustración 4. Paso de la cabina de un camión por el paso inferior. Fuente: Fotografía de la visita*

Se debe de resaltar la localización del paso inferior en el paso de la Rambla del Moro García, ya que debido a esta localización el firme se ve afectado cuando se producen determinados episodios de lluvia que hacen que la rambla lleve caudal.



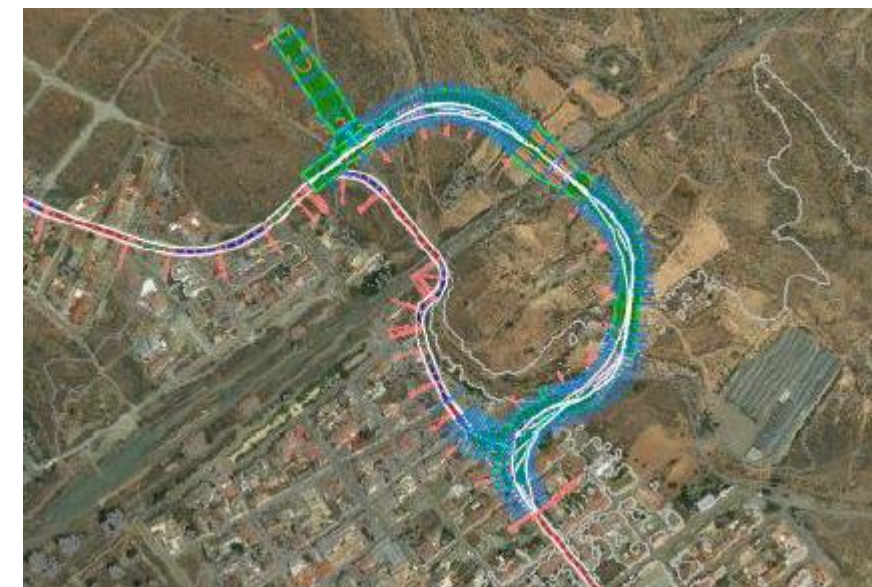
*Ilustración 5. Cauce de la Rambla del Moro García. Fuente: Fotografía de la visita*

### 5. ALTERNATIVAS

En este estudio se contemplan 4 alternativas que se expondrán de una forma breve a continuación, pero que se desarrollan en el “Anejo Nº2: Estudio de alternativas”.

- Alternativa 1:  
Esta alternativa constaría en continuar con las actuaciones que se están llevando a cabo actualmente en el tramo, repavimentando la zona del paso inferior que se deteriora cada vez que se de algún episodio de lluvia que haga que el pavimento quede deteriorado.
- Alternativa 2:  
Se trata de una variante la cual bordearía por la parte oeste la pedanía, la cual constaría de un paso para salvar la línea del ferrocarril y de un puente para salvar otro barranco que se encuentra en esta zona. Esta alternativa tendría una gran cantidad de movimientos de tierras, siendo negativo el balance.
- Alternativa 3:  
Esta alternativa contempla bordear la zona del paso inferior actual, mediante una variante que comience unos 220 m al sur de este y finalice unos 140 m al norte, recorridas estas distancias por la misma RM-D17. Esta alternativa contempla dos puentes para superar la Rambla del Moro García y un paso inferior para atravesar la línea del ferrocarril, teniendo un enlace con la RM-D17 en su parte sur en forma de glorieta y un enlace en T en la zona norte.
- Alternativa 4:  
Esta alternativa es similar a la anterior, el único cambio es el enlace sur que pasa de ser una glorieta a otro enlace en T.

Finalmente, se escoge por estudiar la alternativa 4, por su mejor adaptación al terreno y por no tener el inconveniente de seguridad que se daba al diseñar la glorieta, ya que se encontraban salidas de garaje cercana a esta.



*Ilustración 6. Trazado en planta de la alternativa 4 (representada al este de la RM-D17). Fuente: Elaboración propia*





## ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA

Documento Nº1: Memoria

Una vez se ha escogido la alternativa, se debe de realizar un estudio para la reordenación de los accesos a las distintas zonas colindantes de la alternativa.

En este caso se tienen dos casos solamente que se deben de analizar, ya que solamente se cortarán dos caminos. El primer camino cortado se reordenará creando dos accesos a ambos lados de la variante por donde pasaría el camino, ya que se encuentra a mitad de una recta donde se tiene una buena visibilidad. El acceso que daba el camino más al norte se dará mediante otra ruta para poder acceder a los campos situados en la zona este de la variante, ya que no se puede hacer un acceso desde la variante por el desnivel y la falta de visibilidad al encontrarse tan cerca del paso inferior.



Ilustración 7. Camino cortado en el PK 0+457. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 8. Reordenación del acceso del camino en el PK 0+457. Fuente: Elaboración propia

### 6. HIDROLOGÍA

El objetivo del anejo es el de analizar la zona para obtener los caudales de crecida para diferentes periodos de retorno, para estudiar el comportamiento de las diferentes zonas de la obra ante estos.

Una vez determinada la zona de estudio, se determina que al estar situada la zona en la Región de Murcia se debe de llevar a cabo el estudio según el método para cuencas pequeñas del Levante y Sureste peninsular.

Sabiendo que se encuentra la zona en la Región 72, se utilizarán los siguientes parámetros para la obtención de los caudales de crecida, a partir de la fórmula:

$$Q_T = \varphi Q_{10}^{\lambda}$$

Región 72				
Periodo de retorno, $T$ (años)	50	100	200	500
$\varphi$	1,4057	3,0570	4,7152	6,9135
$\lambda$	1,2953	1,2751	1,2678	1,2631



## ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA

Documento Nº1: Memoria

Con anterioridad, se debe de obtener el  $Q_{10}$  a partir del método racional donde:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Mediante este método se obtiene que el  $Q_{10} = 4.84 \text{ m}^3/\text{s}$  (todos los pasos se han llevado a cabo en el “Anejo N4: Estudio de hidrología”), y para la obtención de los caudales de crecida asociados a los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años se utiliza la fórmula antes expuesta con sus respectivos parámetros, obteniendo los siguientes valores:

T	50	100	200	500
$Q_T \text{ (m}^3/\text{s)}$	10.83	22.82	34.79	50.64

Una vez obtenidos estos datos, mediante el programa HEC-RAS se estudia el comportamiento de la rambla frente a diferentes periodos de retorno, para analizar como sería el comportamiento del actual paso inferior y de los dos puentes que se quieren construir en la variante que se propone.

En la simulación, se comprueba el comportamiento de los puentes frente a un caudal de crecida asociado a un periodo de retorno de 500 años, mientras que el actual paso inferior frente a uno de 100 años, teniendo los siguientes resultados.

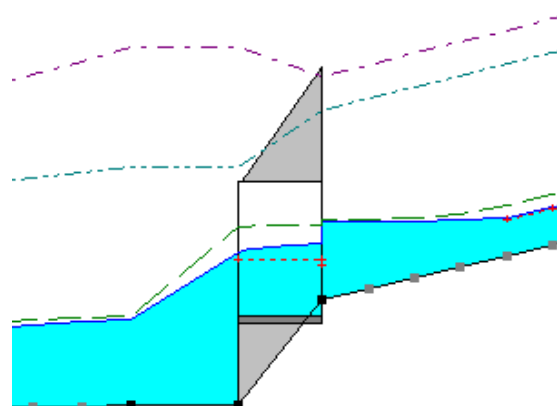


Ilustración 11. Perfil del comportamiento de la rambla por su paso por el paso inferior (T=100 años). Fuente: Elaboración propia

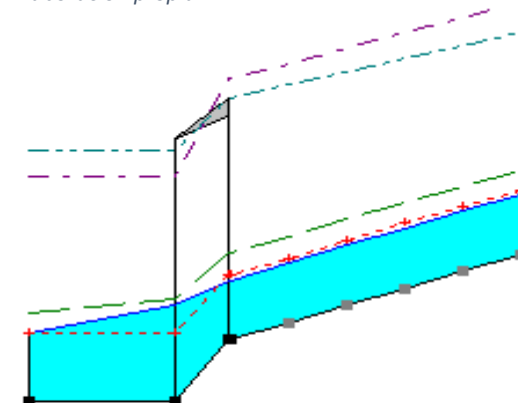


Ilustración 10. Perfil del comportamiento de la rambla por su paso por el puente sur (T=500 años). Fuente: Elaboración propia

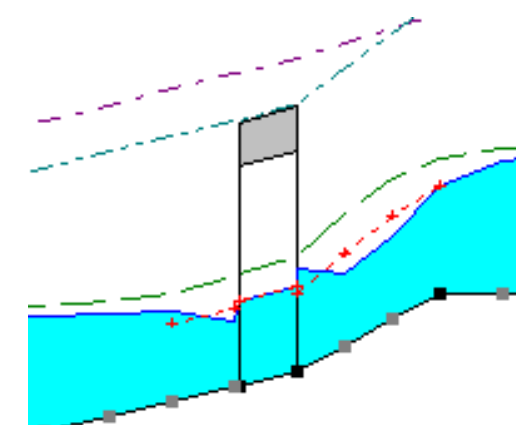


Ilustración 9. Perfil del comportamiento de la rambla por su paso por el puente norte (T=500 años). Fuente: Elaboración propia

Teniendo una representación 3D la Rambla del Moro García frente a un caudal de crecida asociado a un periodo de retorno de 500 años de la siguiente forma (teniendo en cuenta los dos puentes que se construirían en la solución adoptada).

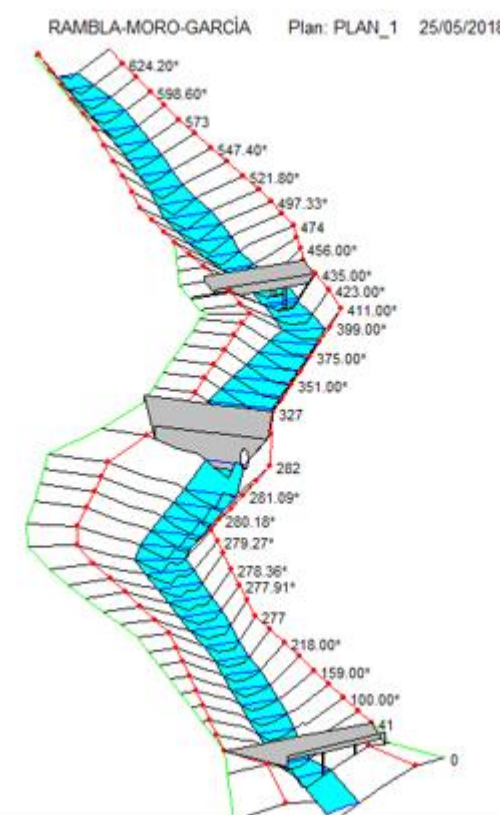


Ilustración 12. Representación 3D de la rambla frente a un caudal T=500 años. Fuente: Elaboración propia





## ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA

Documento Nº1: Memoria

### 7. ESTUDIO DE TRÁFICO

En el “Anejo Nº1: Estudio de tráfico”, se ha analizado la evolución que se supone que va a presentar la carretera de estudio, calculando la intensidad de vehículos que tendría en los próximos años, siendo esta la misma que tendría en el futuro la alternativa si se llega a construir.

Se hace un aforo manual en el que se cuentan los vehículos ligeros y pesados y el sentido en el que circulan entre las 11.00-12.00 de un día laborable con buenas condiciones meteorológicas, obteniendo una cantidad de 112 vehículos y con un porcentaje de pesados del 8.1 %.

Obtenidos los datos del aforo manual, se escoge una estación de aforo afín para la obtención de los datos. La estación afín se encuentra en la carretera RM-711 en el PK 32+600, estación permanente número 317 de la Región de Murcia. Para consultar los datos necesarios para la obtención de la IMD se consulta el “Plan de aforos. Año 2014” de la Región de Murcia.

Todos los cálculos realizados para la obtención de la IMD están desarrollados en el anejo “Estudio de tráfico”. Finalmente, se obtienen los siguientes datos suponiendo el año horizonte el año 2042:

- $IMD_{2018} = 1980 \frac{veh}{día}$
- $IMD_{2042} = 2789 \frac{veh}{día}$

Tras estos cálculos, se calcula el nivel de servicio a través del “Highway Capacity Manual 2010”.

Para el caso actual se deberá realizar con las fórmulas para cuando se tiene una intersección regulada con semáforos, con 30 segundos de la fase verde en el sentido de estudio y de 75 segundos de ciclo, datos medidos en la visita del tramo. Esta fórmula calcula la demora media en el acceso y está calculada de la siguiente forma:

$$d = \frac{(T-V)^2}{2 \cdot T \cdot (1 - \frac{I}{S})} + 900 \cdot H \cdot \left( \frac{I \cdot T}{S \cdot V} - 1 + \sqrt{\left( \frac{I \cdot T}{S \cdot V} - 1 \right)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot I \cdot T^2}{(S \cdot V)^2 \cdot H}} \right)$$

Donde:

- d: demora media en el acceso (s).
- V: duración de la fase verde (s).
- S: intensidad de saturación del grupo (veh/h).
- T: duración del ciclo (s).
- I: intensidad en el grupo de carriles (veh/h).
- H: tiempo que transcurre desde que el tráfico alcanzó su nivel actual. Normalmente se usa H= ¼.
- K: parámetro que tiene en cuenta el tipo de regulación y la coordinación con otros semáforos.

Tras el cálculo, se obtiene que el nivel de servicio para la actualidad y el año 2042 de la carretera actual sin ninguna modificación es C, mientras que la de la variante a analizar sin ninguna intersección regulada semafóricamente es B para los dos años.

Se puede concluir que este no es un aspecto determinante por el que se deba de realizar este estudio de viabilidad.

### 8. Trazado

En el “Anejo Nº6: Estudio de geometría” se define el trazado que se ha diseñado para la variante escogida, teniendo las indicaciones que se encuentran en la Norma 3.1-IC “Trazado” como referencia.

La variante que se proyecta es una C-40 y posee una longitud aproximada de 695 m.

El trazado se encuentra en la zona este de la pedanía de Almendricos, atravesando en dos ocasiones la Rambla del Moro García y cruzando una vez la línea del ferrocarril. Para salvar estos obstáculos se ha intentado diseñar el trazado lo más ortogonal posible a estos.

En el “Anejo Nº6: Estudio de geometría” se desarrolla con precisión el trazado



Ilustración 13. Trazado en planta de la variante al este de la carretera actual. Fuente: Elaboración propia

### 9. FIRMES

En el “Anejo Nº3: Estudio de firmes”, se ha estudiado el paquete de firmes que se va a llevar a cabo a lo largo de la variante a partir de unos datos extraídos de unas calicatas y siguiendo la Instrucción de Carreteras 6.1 “Secciones de firme”.

A partir de la  $IMD_{2018,p}=77$  vehículos pesados y del terreno que se tiene en la zona se obtiene el siguiente paquete de firmes:

- Una primera capa que cubre carril y arcén de AC 22 surf D 50/70 de 5 cm.
- Una segunda y tercera capa solamente para la zona del carril de AC 22 bin S 50/70 de 6 cm y de AC 32 base G 50/70.
- Una capa bajo la primera del arcén de 15 cm de Zahorra Artificial.
- Una capa de Zahorra Artificial de 40 cm, bajo las que forman la parte del carril y del arcén.
- Una última capa de suelo estabilizado S-EST 1 de 25 cm, antes del suelo tolerable.





## ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA

Documento Nº1: Memoria

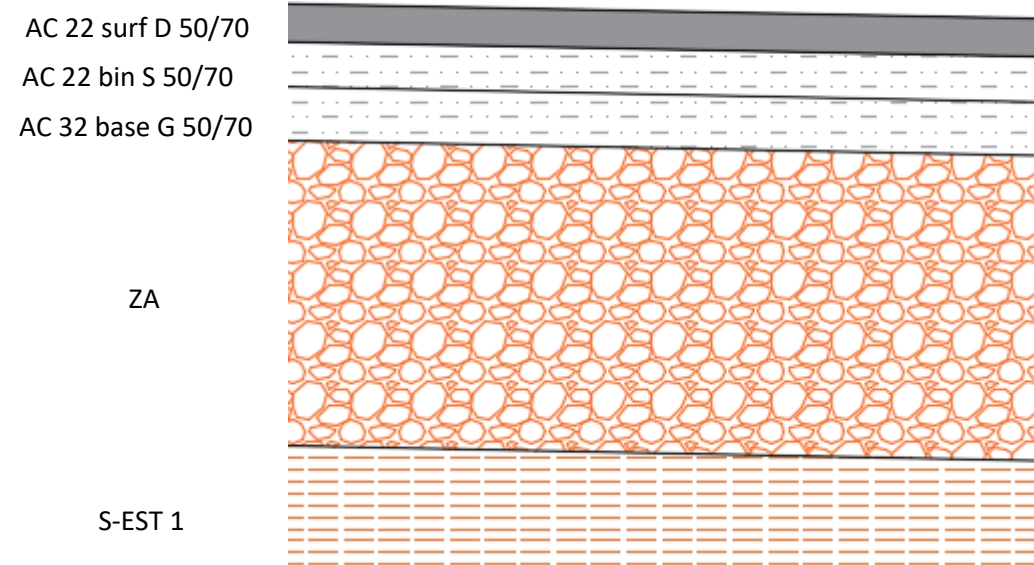


Ilustración 14. Paquete de firmes. Fuente: Elaboración propia

### 10. ESTRUCTURAS

Para salvar los diferentes obstáculos que presenta el terreno, en el “Anejo Nº5: Estudio de tipología estructural” se han estudiado las soluciones ante estos obstáculos.

Para salvar las vías de la línea de ferrocarril se decide la opción de construir un paso inferior mediante un cajón hincado, el cual tendrá una anchura de 11.5 m para poder abarcar la carretera y dos aceras, con una altura de 5 m y con una longitud de unos 20 m. Se escoge esta tipología de ejecución para que las vías del ferrocarril sigan siendo explotadas por RENFE mientras se ejecuta la obra.

Por otro lado, para salvar la Rambla del Moro García en las dos ocasiones que es cruzada se realizarán dos tipologías de puentes:

Puente sur: se plantea una estructura resuelta mediante un tablero isostático, planteándose una estructura de 63 m con una distancia de luces de 20+23+20 m. Los tableros estarán constituidos por vigas prefabricadas de 1.65 m de canto y se tendrán pilas de 1.4 m de ancho.

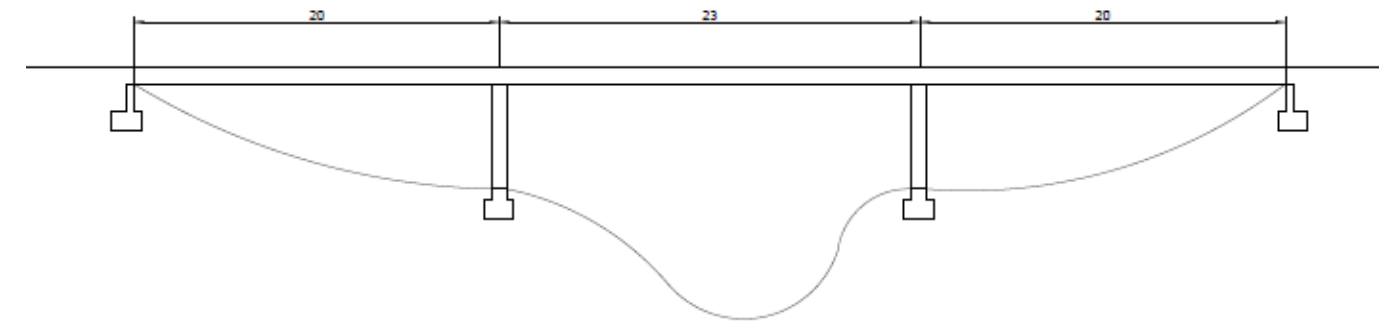


Ilustración 15. Esquema de distribución de vanos del puente sur. Fuente: Elaboración propia

- Puente norte: se plantea una tipología estructural con tablero isostático, formada la estructura por dos tableros isostáticos de 20 m de luz constituidos por vigas prefabricadas de 1.65 m de canto. Se dispondrá de un tablero de 10 m de ancho. Los estribos son cerrados y se contemplan con cuatro aletas en continuidad, todo ello cimentado mediante zapatas de hormigón armado.

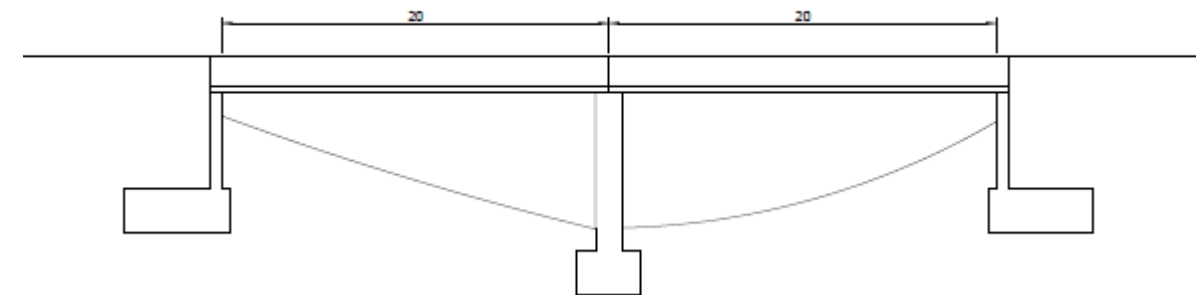


Ilustración 16. Esquema de distribución de vanos del puente norte. Fuente: Elaboración propia



**ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL NUEVO PASO INFERIOR EN LA RM-D17 BAJO EL FFCC MURCIA-ÁGUILAS EN ALMENDRICOS. MURCIA**

Documento Nº1: Memoria

**11. VALORACIÓN**

En el “Anejo Nº7: Valoración económica” se realiza una estimación económica del coste de este estudio, la cual se desarrolla de la siguiente forma:

Número	Capítulo	Euros	%
1	Movimiento de tierras	219.216,03 €	14,51 %
2	Firmes y pavimentos	136.374,29 €	9,03 %
3	Cunetas	22.608 €	1,50 %
4	Estructuras	1.122.500 €	74,31 %
5	Señalización	9.897 €	0,66 %

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>1.510.595,32 €</b>
13% Gastos Generales	196.377,39 €
6% Beneficio Industrial	90.635,72 €
Suma GG y BI	287.013,11 €

IVA 21%	377.497,77 €
---------	--------------

<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>1.888.093,09 €</b>
---------------------------------------	-----------------------

Expropiaciones	180.032 €
----------------	-----------

<b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMIN.</b>	<b>2.068.125,09 €</b>
---------------------------------------------------	-----------------------